



## Značaj faze organogeneze formiranje klasića u biologiji prinosa ozimog dvoredog ječma

Novo Pržulj · Vojislava Momčilović

received / primljeno: 23.11.2010. accepted / prihvaćeno: 28.12.2010.  
© 2011 IFVC

**Izvod:** Biljke prolaze kroz tačno definisane faze razvića koje mogu biti predstavljene na osnovu promena koje se dešavaju na fenotipu biljke ili na osnovu promena u morfologiji apikalnog meristema. Diferencijacija apikalnog meristema odvija se kroz faze koje se nalaze u određenom hronološkom redosledu. U radu je analiziran značaj dužine formiranja primordija klasića, faza dvostrukog grebena (DR) i njene genotipske i fenotipske povezanosti sa ostalim fazama razvića i komponentama prinosa. Tokom pet sezona (od 2002-2003. do 2006-2007) proučavano je razviće apikalnog meristema kod tri sorte ozimog dvoredog ječma Novosadski 525, Sonate i Monaco. DR faza je bila najkraća u sezonama kada su vladali povoljni vremenski uslovi tokom odvijanja ove faze, a najduža kada su uslovi bili nepovoljni, pre svega visoke temperature. Najkraći DR period imala je ranozrela sorta Novosadski 525, a najduži srednje rana sorta Sonate. Utvrđene su slične genotipske i fenotipske korelacije između dužine DR i dužine trajanja ostalih faza razvića i komponenti prinosa. Dužina DR perioda bila je u pozitivnoj korelaciji sa dužinom perioda formiranja primordija listova, a u negativnoj korelaciji sa ostalim fazama razvića, periodom naližavanja zrna, brojem listova i klasova i žetvenim indeksom. Formiranje primordija listova i klasića kao i razviće cvetova i klasića nalazi se pod najvećom kontrolom genotipa, gde je učešće varijanse sorte preko 80% i godine do 10%. Dobijeni rezultati mogu imati praktičan značaj u oplemenjivanju ozimog dvoredog ječma. Za potvrđivanje ovih rezultata neophodna su detaljnija istraživanja sa većim brojem sorti.

**Ključne reči:** faza dvostrukog grebena, genotipske i fenotipske korelacije, ječam (*Hordeum vulgare* L.), organogeneza

### Uvod

Postoji tačno određen i predvidljiv redosled faza razvića strnih žita. Mehanizmi koji leže u osnovi ovih procesa nisu u potpunosti rasvetljeni i uglavnom su empirijski (McMaster 2005). Faze razvića biljaka mogu biti predstavljene na dva načina: (i) promenama koje se dešavaju unutra apikalnog meristema (unutrašnje promene), i (ii) spoljašnjim ili fenotipskim promenama (Zadoks skala, Feekes skala, Haun skala). U literaturi poznate skale razvića žita zasnivaju se samo na jednoj od dve vrste promena, unutrašnjim ili spoljašnjim, dok ne postoji zvanična skala koja predstavlja odnose između promena apikalnog meristema i fenotipa biljke (Landes & Porter 1989, Hay & Kirby 1991). Kod ječma i većine vrsta iz porodice *Poaceae* vegetacioni meristem stvara primordije listova i klasića u hronološkom redosledu, tako

da su sve primordije listova formirane kada se zametne primordija prvog klasića, odnosno zametanje prve primordije klasića označava prekid daljeg formiranja primordija listova. U periodu dok apikalni meristem formira primordije klasića, primordije listova se izdužuju i formiraju se listovi.

Diferencijacija apikalnog meristema odvija se kroz faze u sledećem redosledu: formiranje primordija listova, formiranje primordija klasića, diferencijacija klasića i cvetova, formiranje primordije terminalnog klasića i odvajanje klasa od osnove biljke. Na početku formiranja primordija, primordije klasića ne mogu se razlikovati od primordija listova, i većina istraživača smatra da jako proširenje tačke rasta predstavlja početak formiranja primordija klasića (George 1982). Prvi vidljiv signal da su klasići zametnuti je formiranje dvostrukog grebena, ali je tada već formira-

N. Pržulj (✉) · V. Momčilović  
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija  
e-mail: novo.przulj@ifvcns.ns.ac.rs

Ova istraživanja su sprovedena u okviru projekta TR 031066 koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. / This research has been conducted within the project TR 031066 funded by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

no pola primordija klasića. Formiranje klasića u velikoj meri zavisi od genotipa i sredine (Baker & Gallagher 1983). Kod ječma je teško odrediti završetak formiranja primordija klasića, dok se poslednje primordije ne diferenciraju u klasiće i abortiraju (Arisnabarreta & Miralles 2006), što znači da se prekid aktivnosti apikalnog meristema ne podudara sa zametanjem poslednjeg klasića koji je vidljiv u klasanju.

Broj formiranih primordija klasa nalazi se u linearnoj regresiji sa sumom aktivnih temperatura (GDD) jer (a) postoji visoka podudarnost linije regresije sa eksperimentalnim podacima, (b) nije predložen drugi statistički model koji u većoj meri odražava biološki prirodu formiranja broja primordija klasića i (c) izračunata vrednost stope formiranja primordija omogućava poređenje između različitih sorti ili eksperimentalnih tretmana (Gallagher et al. 1976).

Sve primordije ne formiraju klasiće i svi formirani klasići ne donose zrno, jer dolazi do njihovog odumiranja. Broj odumrlih klasića teško je odrediti jer se mora raditi precizna disekcija i mora postojati vešt istraživač, gde ocena neće biti podložna subjektivnosti. Broj izumrlih klasića određuje se na osnovu razlike između maksimalnog broja formiranih klasića i fertilnih klasića (McMaster et al. 1992). Autori Gallagher et al. (1976) smatraju da je 58% formiranih klasića fertilno u fazi cvetanja kod primarne vladi i 53% kod primarnog bokora. Konkurencija za hranljivim materijama, unutar klasa i između klasa i drugih organa biljke, može biti uzrok odumiranja klasića pre cvetanja (Kirby 1988).

Određivanje veze između faza fenotipa biljke i morfologije apikalnog meristema doprinosi boljem upoznavanju koordiniranosti procesa razvića i daje osnovu u modeliranju razvića biljke. Procenjivanje faze razvića apikalnog meristema važno je za daljnji napredak u oplemenjivanju, za tehnološki gajenje i izradu modela rasteња (Kirby 1994).

U većini slučajeva skale fenotipskog razvića ne nalaze se u jakim vezama sa promenama apikalnog meristema, čija se faza mora odrediti disekcijom i mikroskopiranjem (Landes & Porter 1989). Međutim, razviće biljaka strnih žita nalazi se u visokoj koordinaciji sa procesima pojavljivanja listova, odnosno razviće apikalnog meristema i izduživanje listova su međuzavisne, integrisane osobine (Kirby 1990, Arduini et al. 2010), što znači da se faza razviće apikalnog meristema može odrediti na osnovu broja formiranih listova, bez disekcije (Kirby et al. 1985).

Cilj ovih istraživanja je bio da se odredi (a) uticaj sorte i godine na dužinu perioda formiranja broja klasića, (b) međuzavisnost dužine trajanja

faze formiranja primordija klasića i drugih faza razvića, te (c) odnos dužine trajanja faze formiranja klasića i komponente prinosa.

## Materijal i metod rada

Eksperiment je izveden u periodu od 2002-2003. do 2006-2007. sezone u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima. Oglad je postavljen po potpuno randomiziranom blok sistemu u tri ponavljanja sa tri sorte ozimog dvo-redog ječma: Novosadski 525 (rana sorta), Sonate (srednje-rana sorta) i Monaco (kasna sorta). Setva je obavljena sledećih datuma 09.10.2002, 15.10.2003, 22.10.2004, 18.10.2005. i 12.10.2006, a predusev u svim godinama bila je soja. Veličina osnovne parcelice bila je 12 m<sup>2</sup>, sa 6 redova i razmakom između redova od 20 cm, a sklop 400 biljaka po m<sup>2</sup>. Meteorološki podaci uzeti su sa Meteorološke stanice Rimski Šančevi, koja je udaljena 500 m od mesta izvođenja oglada. U cilju sprečavanja negativnog efekta bolesti i štetočina na dužinu trajanja pojedinih faza i donošenja pogrešnih zaključaka, ogled je tretiran fungicidom Tilt 250 EC u Zadoks fazi 34, sa fungicidom Artea plus u Zadoks fazi 64 i sa insekticidom Karate zeon protiv leme.

Prvi i šesti red, kao i 30 cm od početka redova sa obe strane parcelice služili su kao zaštita radi sprečavanja rubnog efekta, pa sa te površine nisu uzimane biljke ili uzorci za analizu. Za određivanje faza razvića apikalnog meristema - dužine vegetativnog perioda (GDD), dužine perioda dvostrukog grebena (GDD), dužine perioda pojava zastavičara na glavnom stablu -cvetanje (GDD), dužine perioda nalivanja zrna (GDD) i broja listova po biljci uzimane su po tri biljke sa korenom jednom nedeljno iz drugog i trećeg reda po ponavljanju, u periodu od nicanja do lista zastavičara na glavnom stablu. Biljke su stavljane u plastične kese i odmah prenete u laboratoriju, a zemlja je isprana pod mlazom vode. Biljke su sušene na sobnoj temperaturi i određen je broj listova na glavnom stablu prema Haun skali (Haun 1973). Disekcija je rađena prema metodologiji Kirby & Appleyard (1984) na svim biljkama, a posmatranje i fotografisanje pod binokularnim mikroskopom (C. Zeiss, Stemi 2000-C) radi utvrđivanja faze razvića. Visina biljke (cm), računajući od površine zemljišta do vrha klasa isključujući dužinu osja, određena je dve nedelje posle cvetanja na tri biljke iz 3. i 4. reda po ponavljanju. Masa biljke u cvetanju (g), masa nadzemnog vegetativnog dela biljke u zrenju (g), broj klasova po biljci, masa prosečnog prinosa po klasu (g) i prosečan broj zrna po klasu određeni su na tri biljke iz 3. i 4. reda. Žetveni indeks (%) određen je na osnovu

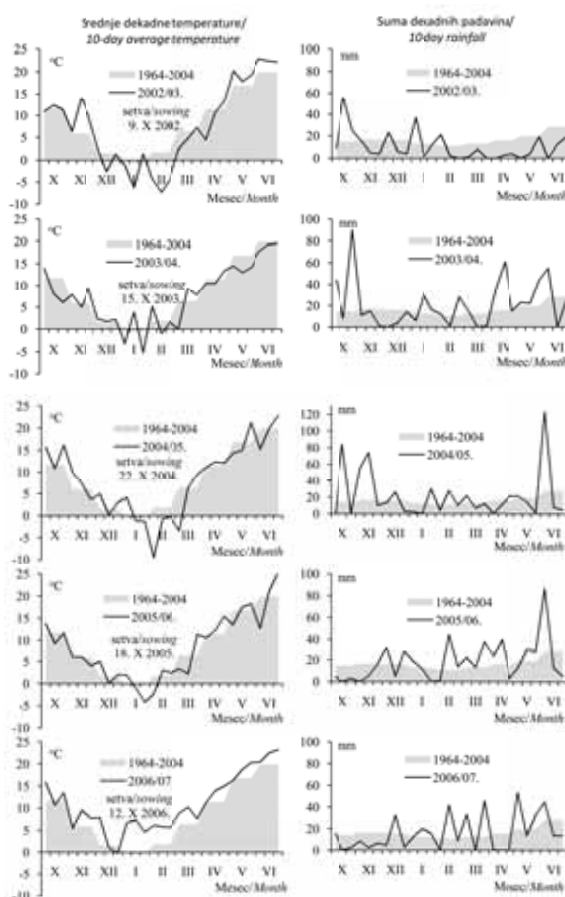
snopa ječma požnjevenog (do površine zemljišta) sa 4. i 5. reda sa 0,5 m<sup>2</sup> u svakom ponavljanju (dužina dva reda od 125 cm), a prinos na osnovu ukupnog prinosa 4. i 5. reda, uključujući i seme od analize HI, sa dužine 9,4m i ukupne površine 3,76 m<sup>2</sup> preračunato na kg ha<sup>-1</sup>. Na uzorcima za obračun prinosa određena je hektolitarska masa (kg hl<sup>-1</sup>) i masa hiljadu zrna (g). Određivanje mase vegetativnih delova biljaka i zrna rađeno je nakon sušenja uzoraka u sušnici u periodu od 48 časova na 70°C.

Za početak formiranja klasića uzet je momenat formiranja dvostrukog grebena, a za završetak faze formiranja primordija klasića momenat pojava osja na prvim formiranim klasićima, jer ječam ima indeterminantno cvetanje i na vrhu klasa ne formira terminalni klasić. Prva primordija klasića formirana je u 2,5 fazi Haun skale a poslednja primordija klasića u 7,0 fazi Haun skale, što je odgovaralo pojavi prvog nodusa iznad površine zemlje (Arduini et al. 2010).

Kao vremenska skala trajanja faza korišćena je suma aktivnih temperatura (GDD), jer pojava listova i razviće apikalnog meristema kod žita zavisi od temperature i varira u zavisnosti od sezone (Martin et al. 1998, Pržulj 2001). Prednost ove skale u odnosu na kalendarsku skalju je u anuliranju temperaturnih odstupanja u odnosu na prosečne tokom pojedinih faza razvića i rastenja. Za baznu temperaturu uzeta je temperatura od 0°C, jer ispod te vrednosti temperatura nema efekat na procese u biljkama. Za početak svake faze uzet je momenat kada je 50% biljaka bilo u toj fazi.

#### Statistička analiza

Analiza je urađena u programu Statistica 9. Sorte su tretirane kao fiksni, a godine kao random faktori. Značajnost sorte testirana je greškom, a godine interakcijom (Steel & Torrie 1980). Heritabilnost je izračunata iz podataka ANOVA po formuli  $h^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$  gde  $\sigma_g^2$  predstavlja genotipsku, a  $\sigma_f^2$  fenotipsku varijansu (Falconer 1989).



Slika 1. Srednje dekadne temperature i ukupne padavine u sezonama 2002/03-2006/07.

Fig. 1 Mean temperature and precipitation per 10-day periods during growing seasons 2002/03-2006/07

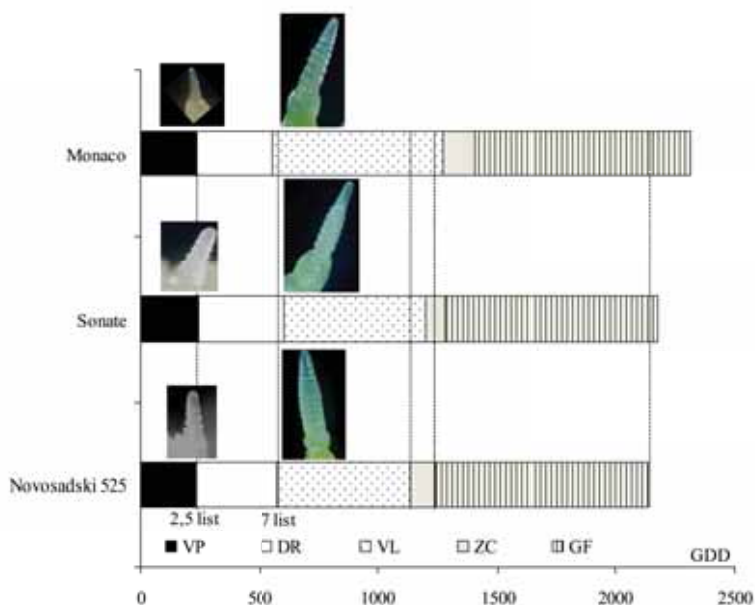
### Vremenski uslovi

Prosečne temperature na nivou višegodišnjih i suficit vode u oktobru u sezoni 2002-2003. omogućili su brzo nicanje i prolazak vegetativne faze (Sl. 1). U periodu generativne faze u novembru prosečne temperature bile su na nivou letnjih i deficit vode. Mirovanje useva počelo je sredinom prve dekade decembra i trajalo je do kraja februara. Ekstremno sušni uslovi i niske temperature bili su u periodu nastavka generativne faze u proleće, a tokom perioda nalivanja zrna sušni uslovi i visoke temperature. Višestruko veće količine padavina u odnosu na višegodišnji proseki i prosečne temperature bile su u fazi nicanja 2003-2004. sezone. Tokom vegetativne faze krajem oktobra i početkom novembra temperature su bile nešto niže, a tokom početka faze dvostrukog grebena krajem novembra izuzetno visoke i uz smanjene padavine. Zimsko mirovanje proteklo je u normalnim uslovima. Završetak generativne faze u proleće i nalivanje zrna bili su u normalnim uslovima. U sezoni 2004-2005. temperaturni i vodni uslovi bili su povoljni tokom vegetativne faze. Karakteristika ove sezone je da su u jesen povoljni vremenski uslovi vladali duže tri nedelje u odnosu na prosečnu godinu, što je omogućilo odvijanje generativne faze. Veoma hladno vreme u februaru i prvoj polovini marta odložili su nastavak vegetacije. Nasta-

vak vegetacije, vlatanje i nalivanje zrna odvijalo se u povoljnim uslovima. Nicanje i vegetativna faza ječma u sezoni 2005-2006. odvijali su se u sušnim uslovima, a generativna faza u novembru i decembru u povoljnim uslovima. Nastavak generativne faze u proleće odvijalo se u uslovima jakih temperaturnih kolebanja, dok su tokom vlatanja bile visoke temperature i deficit vode. Prva polovina nalivanja zrna bila je u optimalnim uslovima, a druga u uslovima hladnog i vlažnog vremena. Visoke temperature i deficit vode u oktobru i novembru u sezoni 2006-2007. sprečavale su nicanje i odvijanje vegetativne faze ozimog ječma. Povoljni vodni i temperaturni uslovi tokom decembra i zimskih meseci omogućili su da biljke akumuliraju potrebne sume efektivnih temperatura i nadoknade zaostatak u razviću. Završetak generativne faze, vlatanje i nalivanje odvijalo se u periodu visokih temperatura i suficita vode.

### Rezultati i diskusija

Podela životnog ciklusa rastenja i razvića praktična je kako u svrhu istraživanja tako i u svrhu gajenja biljaka (McMaster et al. 2005). U ovome radu proučavan je značaj perioda dvostrukog grebena, tokom kojeg se formiraju primordije klasića na apikalnom meristemu, a koji su osnova za potencijalnu plodnost klasa i prinos.



Slika 2. Početak i kraj faze formiranja klasića kod tri sorte ozimog dvorednog ječma (VP - vegetativni period, DR - dvostruki greben, VL - period vlatanja, ZC - pojava zastavičara - cvetanje, GF - period nalivanja zrna)  
Fig. 2. Beginning and end of double ridge phase in three winter barley cultivars (VP - vegetative period, DR - double ridge phase, VL - jointing, ZC - flag leaf emergence-flowering, GF - grain filling period)

U odnosu na promene koje se dešavaju u apikalnom meristemu, period do cvetanja može se podeliti u tri faze: zamatanje listova (vegetativna faza - VP), zamatanje klasića (rana reproduktivna

faza - DR) i porast klasa tokom vlatanja (kasna reproduktivna faza) prema autorima Slafer & Whitechurch (2001) (Sl. 2). Pojava dvostrukog grebena predstavlja tranziciju iz vegetativne faze

Tabela 1. Sredine kvadrata, procentualni udeo komponenti varijanse i heritabilnost za ispitivane osobine ozimog dvoredog ječma

Table 1. Mean squares, percentages of variance components and heritability for the investigated traits of two-rowed winter barley

Osobine Trait	Genotip (G) Genotype	Godina (Y) Year	G x Y	Greška Pooled error	
VP	631,7**	673,9*	137,5	102,6	
DR	6184,8*	4254,9*	1078,6	1170,5	
VL	100306,2**	193210,0**	8009,4**	1421,9	
ZC	9610,8**	18119,8*	3041,7**	361,8	
GF	885,4	90575,3**	5970,4**	593,0	
BL	18,4**	3,8*	0,9	0,4	
VI	509,6**	1243,0**	19,9	13,2	
VMC	321,2**	138,3	82,5**	0,9	
VMZ	4,7**	41,3**	3,5**	0,6	
PZK	0,040**	0,134**	0,017	0,006	
BZK	7,0*	32,8	10,1*	1,3	
BK	103402,2**	1188441,1**	108324,4**	10558,9	
HI	0,009	0,015	0,010**	0,003	
HM	4,1**	45,6**	3,7**	0,4	
MHZ	6,0*	85,6*	20,9**	1,4	
PR	3469862,2**	27961075,6*	4517728,9**	149570,8	
% komponenti varijanse i heritabilnost % of variance components and heritability					
	$S_G^2$	$S_Y^2$	$S_{GY}^2$	$S_E^2$	$h_b^2$
VP	82,6	6,0	1,2	10,3	13,8
DR	84,8	3,5	0,0	11,7	24,1
VL	86,4	11,6	1,2	0,8	7,5
ZC	78,9	12,1	6,4	2,6	6,5
GF	0,0	79,8	15,2	5,0	0,0
BL	97,0	1,1	0,5	1,5	92,7
VI	84,4	14,1	0,2	1,4	6,0
VMC	92,1	1,4	6,3	0,2	64,1
VMZ	25,3	54,0	12,5	8,2	0,5
PZK	62,1	21,9	6,6	9,4	2,8
BZK	0,0	33,8	23,1	43,1	0,0
BK	0,0	73,6	20,0	6,5	0,0
HI	0,0	8,7	39,2	52,0	0,0
HM	10,3	67,8	16,1	5,9	0,2
MHZ	0,0	47,7	43,2	9,1	0,0
PR	0,0	61,9	34,6	3,6	0,0

VP-vegetativni period/*vegetative period*, DR- dvostruki greben/*double ridge phase*, VL-period vlatanja/*jointing*, ZC- pojava zastavičara-cvetanje /*flag leaf emergence-flowering*, GF-period nalivanja zrna/*grain filling period*, BL- broj listova na glavnom stablu/*number of leaves on main culm*, VI- visina/*plant height*, VMC- vegetativna masa u cvetanju/*aboveground vegetative plant parts weight at flowering*, VMZ- vegetativna masa u zrenju/*aboveground vegetative plant parts weight at ripening*, PZK-prinos zrna po klasu/*grain yield per spike*, BZK- broj zrna po klasu/*grain number per spike*, BK-broj klasova po biljci/*number of spikes per plant*, HI-žetveni indeks/*harvest index*, HM-hektolitarska masa/*test weight*, MHZ-masa hiljadu zrna/*thousand-kernel weight*, PR-prinos zrna/*grain yield*

u generativnu fazu. Završetak vegetativne faze kod ječma fenotipski se podudara sa pojavom ligule drugog lista (Gallagher et al. 1976) ili u Haun fazi 2,4-2,5 (Arduini et al. 2010), a kod ovsu u Haun fazi 3,6 (Sonego et al. 2000). Tokom vegetativne faze formira se 11-12 primordija lista (Arduini et al. 2010). Autori Banerjee & Wienhues (1965) utvrdili su da ne postoji morfološka razlika u obliku vegetacione kupe između pšenice, ječma i raži do faze početka diferencijacije klasića. Inače, formiranje dvostrukog grebena, kada su primordije listova i klasova prisutne na apikalnom meristemu, jeste drugi jasan indikator da je počela tranzicija u reproduktivnu fazu (McMaster 1997). Mi smo utvrdili pozitivnu korelaciju između razvijenost vegetacione kupe i ranozrelošću, odnosno najranija sorta Novosadski 525, prva ulazi u DR fazu a najkasnija sorta Monaco najkasnije (Sl. 2).

Kada se formira poslednja primordija lista (primordija lista zastavičara) kod biljke počinje reproduktivna faza (Robertson et al. 1996). Ispunjavanje zahteva za niskim temperaturama za potrebe jarovizacije takođe je jedan od indikatora tačke tranzicije od vegetativne ka generativnoj fazi (Robertson et al. 1996). Kod ozimog ječma jarovizacija se obavi u periodu od 28 do 35 dana (Mahfoozi et al. 2001).

#### Komponente varijanse

Iz praktičnog iskustva u gajenju ozimih žita poznato je da nicanje veoma zavisi prvenstveno od vlažnosti zemljišta, s obzirom da su temperature u ovom delu godine uglavnom uvek povoljne za ovu fenofazu, na osnovu čega se može doneti zaključak da su faze razvića u jesenjem delu vegetacije pod velikim uticajem negenetičkih faktora. Međutim, rezultati naših istraživanja pokazuju da je dužina perioda formiranja primordija listova i dužina perioda formiranja primordija klasića (period dvostrukog grebena - DR) uglavnom pod uticajem genotipa, gde je više od 80% variranja nastalo pod uticajem sorte (Tab. 1). Autori Arduini et al. (2010) utvrdili su da se kod sorti ozimog dvoredog ječma formira ukupno 35 primordija, od kojih su prvih 10-11 primordije listova, a ostalih 24-25 primordije klasića. Na osnovu logističke krive kojom se predstavlja formiranje primordija listova i klasića dobija se podatak da su već formirane prosečno tri primordije listova na glavnoj vegetacionoj kupi kod nicanja, dok je maksimalan broj primordija kod pojave desetog lista. Formiranje poslednje primordije odvija se u Haun fazi 6,6-7,0 kod ječma (Arduini et al. 2010) i 5,3 kod ovsu (Sonego et al. 2000).

Visok značaj genotipa za morfološke osobine koje su povezane sa brojem listova takođe je dobijen u našim ranijim istraživanjima (Pržulj & Momčilović 2002). Dužina trajanja VP bila je najkraća u sezoni 2005-2006. kada su oktobar i novembar bili nepovoljni za nicanje, a najduža u povoljnoj sezoni 2004-2005. (Tab. 2). Rana sorta Novosadski 525 u proseku imala je najkraći VP a srednje rana sorta Sonate najduži VP (Tab. 2). Najkraći period formiranja klasića bio je u 2003-2004. sezoni kada su vladali uglavnom povoljni vremenski uslovi za odvijanje životnih procesa, a najduži u sezonama 2005-2006. i 2006-2007. koje su se odlikovale visokim temperaturama u drugom delu DR. Iz navedene analize vremenskih uslova i dužine trajanja DR teško je izvesti bilo kakvu zakonomernost o uticaju temperatura i padavina na dužinu trajanja formiranja primordija klasića. Za dobijanje takve informacije potrebno je analizirati veći broj sorti, sa mnogo češćim uzimanjem uzoraka. U odnosu na genetsko variranje ne može se utvrditi zakonomernost u dužini trajanja DR; najkraći period formiranja primordija klasića bio je kod kasnozrele sorte Monaco, a najduži kod srednje rane sorte Sonate (Tab. 2 i Sl. 2).

Period vlatanja (VL) tokom kojeg se odvija diferencijacija cvetova u klasićima bio je pod kontrolom sve tri komponente varijanse, genotipa, godine i interakcije, mada je učešće genotipa bilo najveće (Tab. 1). Najduži period vlatanja za sve sorte bio je u sezoni 2006-2007. kada su bile visoke temperature i deficit vode, a od sorti najduži period vlatanja imala je kasnozrela sorta Monaco (Tab. 2). Godina je u najvećoj meri određivala dužinu perioda nalivanja zrna (GF), dok se uticaj genotipa manifestovao samo kroz interakciju GxY (Tab. 1). Nalivanje zrna je bilo najduže u povoljnim uslovima poput sezone 2004-2005., a u nepovoljnim uslovima najkraće (Tab 2).

Mnogi faktori sredine u interakciji sa genotipom utiču na fenologiju biljke. Pošto se na osnovu nijednog pojedinačnog faktora sredine ne može predvideti razviće, temperatura i povremeno fotoperiod su najvažniji faktori koji određuje dužinu trajanja različitih faza razvića i porasta (McMaster 2005). Dostupnost vode takođe može uticati na fenologiju, posebno smanjujući sumu aktivnih temperatura u kasnijim fazama rastenja, kao što je skraćivanje perioda nalivanja zrna (McMaster & Wilhelm 2003). Iako je analiziran mali broj sorti, preliminarno se može zaključiti da su nepovoljni uslovi produžavali ranije faze razvića, a skraćivali kasnije.

Tabela 2. Uticaj sorte i godine na ispitivane osobine ozimog dvoredog ječma  
 Table 2. Effects of cultivar and year on the investigated traits of two-rowed winter barley

Osobina Trait	Sorta Cultivar (B)	Godina/Growing period (A)					Prosek/ Average				
		2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	LSD	A	B	AB	
VP	Novosadski 525	227,2	226,0	243,1	217,3	230,0	228,7	0,05	9,8	7,6	17,0
	Sonate	243,3	245,2	258,4	226,8	233,3	241,4	0,01	13,2	10,2	22,9
	Monaco	227,4	235,4	239,4	226,6	247,3	235,2	CV	4,4		
	Prosek/ <i>average</i>	232,6	235,5	247,0	223,5	236,9	235,1				
DR	Novosadski 525	357,6	308,3	346,5	340,7	394,7	349,5	0,05	33,0	25,6	57,2
	Sonate	354,4	339,0	343,7	396,6	393,2	365,4	0,01	44,6	34,5	77,2
	Monaco	332,8	298,3	320,6	353,4	320,4	325,1	CV	9,5		
	Prosek/ <i>average</i>	348,2	315,2	336,9	363,6	369,4	346,7				
VL	Novosadski 525	613,3	453,3	454,5	535,4	621,3	555,6	0,05	36,4	28,2	63,1
	Sonate	638,3	459,2	529,9	498,3	733,1	591,8	0,01	49,1	38,1	85,1
	Monaco	704,7	621,3	592,4	607,6	833,0	711,8	CV	5,9		
	Prosek/ <i>Average</i>	652,1	511,3	525,6	547,1	862,5	619,7				
ZC	Novosadski 525	59,0	178,3	103,3	67,9	122,2	106,2	0,05	18,4	14,2	31,8
	Sonate	57,2	129,7	53,8	62,5	108,9	82,4	0,01	24,8	19,2	42,9
	Monaco	129,2	196,2	72,8	126,7	90,2	133,0	CV	17,2		
	Prosek/ <i>Average</i>	81,8	184,7	76,6	85,7	107,1	107,2				
GF	Novosadski 525	855,8	882,0	1004,3	955,2	798,6	899,2	0,05	23,5	18,2	40,7
	Sonate	854,7	849,0	1040,9	973,1	760,6	895,7	0,01	31,7	24,6	54,9
	Monaco	869,3	756,2	1066,5	1002,2	857,7	910,4	CV	2,4		
	Prosek/ <i>Average</i>	859,9	829,1	1037,2	976,8	805,6	901,7				
BL	Novosadski 525	11,3	11,3	10,3	11,7	11,0	11,13	0,05	0,6	0,5	1,1
	Sonate	12,7	12,3	11,3	11,0	12,7	12,00	0,01	0,9	0,7	1,5
	Monaco	14,3	13,7	11,7	13,3	13,7	13,33	CV	5,5		
	Prosek/ <i>Average</i>	12,78	12,44	11,11	12,00	12,44	12,16				
VI	Novosadski 525	77,7	103,3	101,7	89,3	105,0	95,4	0,05	3,6	2,7	6,1
	Sonate	77,0	104,3	98,3	86,0	103,3	93,8	0,01	4,7	3,7	8,2
	Monaco	86,7	119,0	104,7	100,7	112,0	104,6	CV	3,7		
	Prosek/ <i>Average</i>	80,4	108,9	101,6	92,0	106,8	97,9				

VP-vegetativni period/*vegetative period*, DR- dvostruki greben/*double ridge phase*, VL-period vlatanja/*jointing*, ZC- pojava zastavičara–cvetanje /*flag leaf emergence-flowering*, GF-period nalivanja zrna/*grain filling period*, BL- broj listova na glavnom stablu/*number of leaves on main culm*, VI- visina biljke/*plant height*

Tabela 3. Uticaj sorte i godine na ispitivane osobine ozimog dvoredog ječma

Table 3. Effects of cultivar and year on the investigated traits of two-rowed winter barley

Osobina Trait	Sorta Cultivar (B)	Godina/Growing period (A)					Prosek				
		2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	Average	LSD	A	B	AB
VMC	Novosadski 525	2,75	4,55	5,79	8,90	7,89	5,98	0,05	0,9	0,7	1,6
	Sonate	8,15	6,84	11,31	8,37	8,55	8,65	0,01	1,2	1,0	2,2
	Monaco	8,51	8,95	30,71	9,00	17,77	14,99	CV	9,7		
	Prosek/ <i>Average</i>	6,47	6,78	15,94	8,76	11,40	9,87				
VMZ	Novosadski 525	3,68	5,71	5,40	8,68	7,49	5,59	0,05	0,8	0,6	1,3
	Sonate	5,75	7,72	5,69	6,68	8,61	6,29	0,01	1,0	0,8	1,8
	Monaco	4,04	7,56	5,31	6,25	5,74	5,18	CV	14,0		
	Prosek/ <i>Average</i>	4,49	7,00	5,47	7,20	7,28	5,69				
PZK	Novosadski 525	1,42	1,25	1,37	1,09	1,11	1,25	0,05	0,07	0,06	0,12
	Sonate	1,33	1,36	1,58	1,22	1,23	1,34	0,01	0,10	0,07	0,17
	Monaco	1,26	1,40	1,36	1,17	1,14	1,26	CV	5,7		
	Prosek/ <i>Average</i>	1,33	1,34	1,44	1,16	1,16	1,29				
BZK	Novosadski 525	24,7	26,7	27,0	24,0	22,3	24,9	0,05	1,60	1,24	2,77
	Sonate	22,7	25,0	29,0	27,3	25,0	25,8	0,01	2,16	1,67	3,73
	Monaco	22,7	25,0	25,3	27,3	22,7	24,6	CV	6,6		
	Prosek/ <i>Average</i>	23,3	25,6	27,1	26,3	23,3	25,11				
BK	Novosadski 525	730	1253,3	1633	967	1147	1146	0,05	99,2	76,9	171,9
	Sonate	1260	1260,0	1970	897	973	1272	0,01	133,9	103,7	231,8
	Monaco	1407	1180,0	1980	967	980	1303	CV	8,9		
	Prosek/ <i>Average</i>	1132	1231	1861	943	1033	1240				
HI	Novosadski 525	0,454	0,354	0,411	0,447	0,406	0,414	0,05	0,054	0,042	0,094
	Sonate	0,357	0,371	0,496	0,463	0,355	0,408	0,01	0,073	0,056	0,126
	Monaco	0,521	0,467	0,530	0,386	0,357	0,452	CV	13,2		
	Prosek/ <i>Average</i>	0,444	0,397	0,479	0,432	0,373	0,425				
HM	Novosadski 525	74,1	71,4	70,0	76,2	74,8	73,3	0,05	0,6	0,5	1,1
	Sonate	74,3	71,1	69,9	77,3	72,7	73,0	0,01	0,8	0,6	1,4
	Monaco	71,9	72,2	70,7	75,1	71,5	72,3	CV	0,9		
	Prosek/ <i>average</i>	73,4	71,6	70,2	76,2	73,0	72,9				
MHZ	Novosadski 525	47,4	41,5	49,5	47,1	47,8	46,7	0,05	1,1	0,9	2,0
	Sonate	45,3	44,5	53,0	47,7	44,1	46,9	0,01	1,5	1,2	2,6
	Monaco	44,7	46,7	52,7	43,5	41,0	45,7	CV	3,3		
	Prosek/ <i>Average</i>	45,8	44,2	51,7	46,1	44,3	46,4				
PR	Novosadski 525	5600	6313,3	7600,0	9907	5813	7047	0,05	373,5	289,3	646,8
	Sonate	10453	6173,3	8146,7	9667	5440	7976	0,01	503,8	390,2	872,6
	Monaco	9240	6000,0	7653,3	9240	4360	7299	CV	6,4		
	Prosek/ <i>Average</i>	8431	6162	7800	9604	5204	7440				

VMC- vegetativna masa u cvetanju/*aboveground vegetative plant parts weight at flowering*, VMZ- vegetativna masa u zrenju/*aboveground vegetative plant parts weight at ripening*, PZK- prinos zrna po klasu/*grain yield per spike*, BZK- broj zrna po klasu/*grain number per spike*, BK- broj klasova po biljci/*number of spikes per plant*, HI- žetveni indeks/*harvest index*, HM- hektolitarska masa/*test weight*, MHZ- masa hiljadu zrna/*thousand-kernel weight*, PR- prinos zrna/*grain yield*



Broj listova se nalazi pod najjačom kontrolom genotipa, sa najvećom heritabilnošću i u pozitivnom odnosu sa dužinom perioda do pojave lista zastavičara (Tab. 1). Formiranje vegetativne mase do cvetanja uglavnom je određeno sortom (Tab. 1) gde kasnozrele sorte imaju veću masu, dok je ukupna vegetativna masa u zrenju pod uticajem sve tri komponente varijabilnosti, gde godina ima najveće učešće (Tab. 1).

Udeo varijansi kod pojedinih komponenti prinosa je bio različit (Tab. 1). Godina je imala najveći uticaj na broj klasova, koji se kretao od 943 (2005-2006) do 1.861 (2004-2005) (Tab. 3). Mali broj klasova u sezoni 2005-2006. sigurno je posledica nepovoljnih uslova u fenofazi bokorenja, odnosno veliki broj klasova u sezoni 2004-2005. rezultat je veoma povoljnih uslova, kada je jeseni deo sezone bio duži tri nedelje u odnosu na prosečnu godinu. Kasnozrela sorta Monaco, koja je najkasnije cvetala, imala je u proseku najveći broj klasova. Nepovoljni vremenski uslovi u sezonama 2002-2003. i 2006-2007. usloveli su smanjenje broja zrna po klasu (Tab. 3). Johnson & Kanemasu (1984) su utvrdili da visoke temperature smanjuju broj klasića i broj zrna u svakom klasiću. Između sorti nije postojala statistički značajna razlika u broju zrna po klasu. Prinos zrna po klasu bio je pod najjačim uticajem genotipa, mada je heritabilnost bila niska zbog visoke greške. Najveći prinos po klasu imala je srednje kasna sorta Sonate (Tab. 3).

Godina i interakcija GxY imaju najveći uticaj na variranje mase hiljadu zrna i hektolitarske mase (Tab. 1). Uz dužinu perioda nalivanja, fizičke osobine zrna imaju najmanji koeficijent varijabilnosti (Tab. 3). Najveća masa hiljadu zrna bila je u povoljnoj sezoni 2004-2005. a najmanja u 2006-2007. kada su tokom perioda nalivanja zrna vladale visoke temperature i bio suficit vode (Sl. 1 i Tab. 3). Između sorti nije bilo statistički značajne razlike u masi hiljadu zrna. Najmanja hektolitarska masa bila je u sezoni 2004-2005, a najveća u sezoni 2005-2006. (Tab. 3). Podaci koji se odnose na vegetativni biljni materijal, npr. masa vegetativnog dela u zrenju i žetveni indeks, imaju visoke vrednosti koeficijentata varijacije, što ukazuje na neophodnost analiziranja metode uzimanja uzoraka.

Različite faze od setve do cvetanja mogle bi biti pod različitom genetičkom kontrolom, što omogućava njihovo kombinovanje oplemenjivanjem bez promene ukupnog vremena do cvetanja (Slafer et al. 2001). Iako se prinos formira kontinuirano od setve do zrenja, period zamatanja klasića je važan u definisanju potencijalnog broja zrna, a period izduživanja stabljike za determinisanje

broja fertilnih cvetova u cvetanju, od kojeg zavisi konačan broj zrna (Miralles & Slafer 2007).

#### Genotipske i fenotipske korelacije

Poznavanje odnosa između parova kvantitativnih osobina i stepena njihove povezanosti ili korelacije može olakšati tumačenje dobijenih rezultata u oplemenjivanju i doprineti uspešnijem praktičnom oplemenjivanju. Postojanje jake genetske korelacione veze između jedne osobine niske heritabilnosti, npr. prinos, sa drugom osobinom visoke heritabilnosti može biti iskorišćeno za indirektno oplemenjivanje na osobinu niske heritabilnosti, putem oplemenjivanja na osobinu visoke heritabilnosti. U ovom slučaju posebno je važan nivo i tip korelacije, odnosno kovarijanse za dve odabrane osobine.

U našim istraživanjima genotipske i fenotipske korelacije između dužine perioda formiranja primordija klasića i drugih ispitivanih osobina uglavnom su slične, izuzev sa dužinom perioda vlatanja i sa prinosom (Tab. 4). Dužina DR perioda bila je u pozitivnoj korelaciji sa dužinom perioda formiranja primordija listova, a u negativnoj korelaciji sa svim ostalim fazama razvića, periodom nalivanja zrna, kao sa brojem listova i klasova, visinom biljke i žetvenim indeksom. Duži DR period bio je u negativnoj korelaciji sa masom cele biljke u cvetanju, što je i očekivano, s obzirom da se najveća masa biljke formira u periodu vlatanja, gde duži DR period znači kraći period vlatanja. U odnosu na komponente prinosa DR period bio je u negativnoj korelaciji sa brojem klasova po jedinici površine, gde je u stvari duži DR period značio i kraći period bokorenja. Duži DR period nalazio se u pozitivnoj genotipskoj i fenotipskoj korelaciji sa prinosom zrna po klasu, hektolitarskom masom, masom hiljadu zrna i prinosom. Ove pozitivne korelacione veze posebno genetske, pokazatelj su u kom pravcu treba usmeriti selekciju.

Vrednosti genotipskih i fenotipskih korelacije slične su za većinu ispitivanih osobina (Tab. 4). Kod aditivnog modela fenotipske korelacije saстоje se od genotipske komponente i komponente sredine i njihovi odnosi određuju se relativnim značajem naslednih i nenaslednih efekata. Ako je fenotipsko variranje rezultat sličnog delovanja genetičkih i ekoloških faktora, genetske i ekološke korelacije moraju biti slične, imajući u vidu da odnosi između osobina u razviću predstavljaju i korelacije. Pošto fenotipske korelacije označavaju sumu genotipskih komponenti i komponenti sredine, genotipske i fenotipske korelacije biće slične, bez obzira na vrednost heritabilnosti. Razlike

Tabela 4. Genotipski ( $r_g$ ) i fenotipski ( $r_f$ ) koeficijenti korelacije između DR i ostalih ispitivanih osobina ozimog dvoredog ječmaTable 4. Genotypic ( $r_g$ ) and phenotypic ( $r_f$ ) correlations between double ridge stage and the investigated traits of two-rowed winter barley

Osobina		Godina/Growing period					
Trait		2002/03-07	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07
VP	$r_g$	0,44	0,51	0,92	0,58	3,49	-3,94
	$r_f$	0,35	0,22	0,53	0,57	0,14	-0,59
VL	$r_g$	-0,81	-1,11	-0,68	-0,92	-0,35	-1,00*
	$r_f$	-0,20	-0,82	-0,65	-0,85	-0,76	-0,88
ZC	$r_g$	-0,99*	-1,80	-0,97*	0,21	-1,14	1,13
	$r_f$	-0,60	-1,36	-0,88	0,25	0,01	0,63
GF	$r_g$	-0,99*	-1,54	0,50	-3,66	-0,07	-1,12
	$r_f$	-0,68	-0,69	0,45	-3,03	0,12	-0,66
BL	$r_g$	-0,69	-1,12	-0,24	-0,93	-0,60	-0,97*
	$r_f$	-0,70	-0,69	-0,41	-0,59	-0,60	-0,58
VI	$r_g$	-0,97*	-1,02	-0,78	-1,18	-1,00*	-1,01*
	$r_f$	-0,93	-0,94	-0,45	-0,59	-0,28	-0,95
VMC	$r_g$	-0,77	-0,73	-0,16	-1,07	-1,77	-1,09
	$r_f$	-0,75	-0,51	-0,30	-0,87	-0,58	-0,89
VMZ	$r_g$	0,96*	0,43	0,35	1,24	-0,81	1,17
	$r_f$	0,86	0,04	0,33	0,10	-0,46	0,57
PZK	$r_g$	0,68	1,12	-0,17	0,46	1,58	0,02
	$r_f$	0,64	0,99	-0,08	0,44	0,75	0,24
BZK	$r_g$	0,94	0,89	-0,59	-4,29	1,04	0,51
	$r_f$	0,89	0,91	0,01	8,46	0,53	0,25
BK	$r_g$	-0,30	-0,82	1,94	-0,98*	-2,39	0,57
	$r_f$	-0,07	-0,65	0,20	-0,24	-0,32	0,38
HI	$r_g$	-0,98*	-1,02*	-1,14	-1,03*	0,20	0,89
	$r_f$	-0,81	-0,29	-0,51	-0,63	0,13	0,96
HM	$r_g$	0,81	1,06*	-1,40	-2,27	1,44	0,93
	$r_f$	0,81	0,89	-0,51	-0,61	0,44	0,62
MHZ	$r_g$	0,98*	0,84	-0,17	-0,64	0,85	0,94
	$r_f$	0,89	0,63	-0,13	-0,38	0,24	0,72
PR	$r_g$	0,61	-0,43	1,58	0,25	0,92	1,23
	$r_f$	0,02	-0,42	-0,43	0,42	-0,37	0,64

VP-vegetativni period/*vegetative period*, DR- dvostruki greben/*double ridge phase*, VL-period vlatanja/*jointing*, ZC- pojava zastavičara-cvetanje /*flag leaf emergence-flowering*, GF-period naliivanja zrna/*grain filling period*, BL- broj listova na glavnom stablu/*number of leaves on main culm*, VI-visina/*plant height*, VMC- vegetativna masa u cvetanju/*aboveground vegetative plant parts weight at flowering*, VMZ- vegetativna masa u zrenju/*aboveground vegetative plant parts weight at ripening*, PZK-prinos zrna po klasu/*grain yield per spike*, BZK- broj zrna po klasu/*grain number per spike*, BK-broj klasova po biljci/*number of spikes per plant*, HI-žetveni indeks/*harvest index*, HM-hektolitarska masa/*test weight*, MHZ-masa hiljadu zrna/*thousand-kernel weight*, PR-prinos zrna/*grain yield*

između genotipskih i fenotipskih korelacija mogu nastati usled razdvajanja načina delovanja ekoloških i genetičkih efekata na fenotip i/ili usled greške kod uzimanja uzoraka (Cheverud 1988).

Hill & Thompson (1978) su odredili verovatnoću dobijanja negativne genetičke varijanse i genetskih korelacija, gde su proste ili parcijalne korelacije  $>1$  ili  $<-1$ , na osnovu čega se dobila i negativna heritabilnost. Verovatnoća dobijanja ovakvih, teoretski nemogućih genetskih kovarijansi, značajno se povećava sa smanjenjem veličine uzorka i smanjenjem heritabilnosti ispitivanih osobina. Ovim se tumače i neobičajeno visoke vrednosti fenotipskih i genotipskih koeficijena korelacije po godinama u našim istraživanjima (Tab. 4), zbog čega se vrednosti po godinama ne mogu smatrati relevantnim. Naime, osnovni metodološki nedostatak ovih istraživanja je mali broj sorti, te je testiranje t-testom urađeno za 1 stepen slobode. Iz tog razloga i podaci o  $r_g$  i  $r_f$  za petogodišnji prosek nemaju statističke značajnosti, bez obzira na visoke apsolutne vrednosti. Smoček (1986) citira autore koji su dobili veliko variranje u vrednosti koeficijenta korelacije između istog para osobina, ne samo u vrednosti nego i u predznaku, što su i potvrdili i naši rezultati (Tab. 3).

Vrednost heritabilnosti potencijalno utiče na sličnost fenotipske i genotipske korelacije na dva načina. Visoka heritabilnost povećava proporcionalni doprinos genetike fenotipskoj korelaciji, odnosno doprinosi većoj sličnosti ove dve korelacije (Cheverud 1988). U našim istraživanjima heritabilnost za broj listova iznosila je 92,7% (Tab. 3), a razlika između  $r_g$  i  $r_f$  samo 0,01 (Tab. 4). Kod niske heritabilnosti, kao što je slučaj za prinos, razlika između genotipskih i fenotipskih korelacija je visoka (Tab. 3). Kada je heritabilnost visoka očekuje se mala razlika između visine vrednosti i tipa genotipskih i fenotipskih korelacija, mada u našim istraživanjima, postoje i izuzeci kao što je npr. hektolitarska masa i masa hiljadu zrna, gde su razlike između  $r_g$  i  $r_f$  male, iako su niske vrednosti heritabilnosti.

## Zaključak

Nepovoljni vremenski uslovi, pre svega visoke temperature i nedostatak vode, uticali su na produžavanje trajanja pojedinih faza razvika do cvetanja, dok su skraćivali period nalivanja zrna. Formiranje primordija listova i klasića, kao i razvike cvetova i klasića nalazi se pod najvećom kontrolom genotipa, gde je učešće varijanse sorte preko 80% a godine do 10%. Značajno učešće varijanse genotipa u pojedinim fazama treba iskoristiti u procesu definisanja genotipa i fenoti-

pa ozimog ječma za uslove jugoistočne Evrope. Poznavanje povezanost pojedinih faza može se iskoristiti za indirektnu selekciju. Kao i kod drugih autora i istraživanja, rezultati ovog istraživanja istakli su značaj velikog uzorka u kvantitativno-genetskim istraživanjima.

## Literatura

- Arduini I, Ercoli L, Mariotti M, Masoni A (2010): Coordination between plant and apex development in *Hordeum vulgare* ssp. *distichum*. *Comptes Rendus Biologies* 333: 454-460
- Arisnabarreta S, Miralles D J (2006): Floret development and grain setting in near isogenic two- and six-rowed barley lines (*Hordeum vulgare* L.). *Field Crop Res.* 96: 466-476
- Baker C K, Gallagher J N (1983): The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. *J. Agric. Sci. Camb.* 101: 327-335
- Benerjee S, Wienhues F (1965): Comparative Studies of the Development of the Spike in Wheat, Barley and Rye. *Z. Pflanzenzüchtung* 54: 130-142
- Cheverud J M (1988): A comparison of genetic and phenotypic correlations. *Evolution* 42(5): 958-968
- Falconer D S (1989): Introduction to Quantitative Genetics. 3rd Ed. Logman Scientific & Technical, Logman House, Burnt Mill, Harlow, Essex, England
- Gallagher J N, Biscoe P V, Scott R K (1976): Barley and its environment. IV. Growth and development in relation to yield. *J. Appl. Ecology* 13: 563-583
- George D W (1982): The growing point of fall-sown wheat: a useful measure of physiological development. *Crop Sci.* 22: 235-239
- Haun J R (1973): Visual quantification of wheat development. *Agronomy Journal* 65: 116-119.
- Hay R K M, Kirby E J M (1991): Convergence and synchrony – a review of the coordination of development in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 661-700
- Hill W, Thompson R (1978): Probabilities of non-positive definite between-group of genetic covariance matrices. *Biometrics* 34: 429-439.
- Johnson R C, Kanemasu E T (1984): Sensitivity of wheat phases development to high temperatures. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 393-426
- Kirby E J M, Appleyard M (1984): Cereal Development Guide 2nd Edition. Arable unit, National Agricultural Centre, Coventry, UK, 95
- Kirby E J M, Appleyard M, Fellowes G (1985): Variation in development of wheat and barley in response to sowing date and variety. *J. Agric. Sci. Camb.* 104: 383-360
- Kirby E J M (1990): Co-ordination of leaf emergence and leaf and spikelet primordium initiation in wheat. *Field Crop Res.* 25: 253-264
- Kirby E J M (1994): Identification and prediction of stages of wheat development for management decisions. Home-Grown Cereals Authority, London, Project Report 90, 39
- Landes A, Porter J R (1989): Comparison of scales used for categorising the development wheat, barley, rye and oats. *Ann. Appl. Biol.* 115: 343-360
- Mahfoozi S, Limin A E, Fowler D B (2001): Influence of Vernalization and Photoperiod Responses on Cold Hardiness in Winter Cereals. *Crop Science* 41: 1006-1011.
- Martin R J, Sinton S M, Jamieson P D, Sonogo M (1998): The effect of temperature on leaf appearance rate in drummond oats. *Proceedings of the Ninth Australian Agronomical Conference*, 534-544

- McMaster G S, Wilhelm W W, Morgan J A (1992): Simulation winter wheat shoot apex phenology. *J. Agric. Sci.* 119: 1-12
- McMaster G S (1997): Phenology, development, and growth (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: A review. *Adv. Agron.* 59: 63-118
- McMaster G S, Wilhelm W W (2003): Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 119: 1-12
- McMaster G S (2005): Phytomers, phyllochrons, phenology and temperate cereal development. *Journal of Agricultural Science* 143: 137-150
- Miralles D J, Slafer G A (2007): Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agric. Sci.* 145: 139-149
- Pržulj N (2001): Cultivar and year effect on grain filling of winter barley. *Plant Breed. Seed Sci.* 45: 45-58
- Pržulj N, Momčilović V (2002): Mainstem Leaf Development during Tillering in Spring Barley. EUCARPIA, Cereal Section Meeting, Salsomaggiore, Italy, 21-25 November 2002, Book of Abstracts, 93
- Robertson M J, Brooking I R, Ritchie J T (1996): Temperature response of vernalization in wheat: Modeling the effect of the final number of main stem leaves. *Ann. Bot.* 78: 371-381
- Slafer G A, Abeledo L G, Miralles D J, Gonzalez F G, Whitechurch E M (2001): Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. *Euphytica* 119: 191-197
- Slafer G A, Whitechurch E M (2001): Manipulating wheat development to improve adaptation and to search for alternative opportunities to increase yield potential. In: Reynolds, M.P. et al. (eds) *Application of Physiology in Wheat Breeding*. CIMMYT, Mexico, DF, 160-170
- Smoček J (1968): Phenotypic, Genotypic and Environmental Correlations of Quantitative Characters in Winter Wheat. *Biologia Plantarum* 10: 146-155
- Sonego M, Moot D J, Jamieson P D, Martín R J, Scott W R (2000): Apical development in oats predicted by leaf stage. *Field Crop Res.* 65: 79-86
- Steel R D, Torrie J H (1980): *Principles and procedures of statistics*. 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., New York

## Importance of Spikelet Formation Phase in the Yield Biology of Winter Barley

Novo Pržulj · Vojislava Momčilović

Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

**Summary:** Plants evolve through strictly defined stages of development, which can be identified by changes in plant phenotype or by changes in the morphology of apical meristem. Differentiation of apical meristem passes through phases that proceed in a precise chronological order. This paper analyzes the significance of the length of the period of spikelet primordia formation, i.e. the double ridge (DR) phase, and its genotypic and phenotypic correlation with the other growth phases and yield components. In the course of five growing seasons (2002-03 to 2006-07) we studied the development of apical meristem in three two-rowed winter barley cultivars - Novi Sad 525, Sonate and Monaco. DR stage was shortest in the seasons with favorable weather conditions during that stage. It was longest when conditions were unfavorable, especially when temperatures were high. The shortest DR stage was found in the early cultivar Novosadski 525, the longest in the medium early cultivar Sonate. The cultivars had similar genotypic and phenotypic correlations between the length of DR stage on one side and the duration of the other development stages and yield components on the other side. DR period length was positively correlated with the duration of the formation of leaf primordia and negatively correlated with the other development stages, i.e. grain filling period, numbers of leaves and spikes and harvest index. The obtained results may find practical application in winter barley breeding. Further more detailed study involving a number of cultivars is required in order to confirm the above results.

**Key words:** barley (*Hordeum vulgare* L.), double ridge stage, genotypic and phenotypic correlations, organogenesis